

**Filip ČMIEL<sup>1</sup>, Radek FABIAN<sup>2</sup>, Zdeněk JAROŇ<sup>3</sup>**

**OVĚŘENÍ VYBRANÝCH TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ AEROTHERMU**

**VERIFICATION OF THE SELECTED THERMAL TECHNICAL PROPERTIES  
OF AEROTHERM**

**Abstrakt**

V nedávné době se na trhu objevily termoizolační stěrky AeroTherm a jejich výrobcem uváděné tepelně izolační vlastnosti mnoho lidí nadchlo natolik, že si tento izolační materiál aplikovali bez jakékoliv konzultace s odborníkem z oblasti tepelné fyziky na obvodové pláště svých domů na stranu interiéru, pod podlahy a na stropní konstrukce.

Cílem tohoto článku je ověřit tepelně technické vlastnosti AeroThermu na vyzdívice z Ytongu, která má funkci nosného podkladu.

**Klíčová slova**

AeroTherm, termovizní kamera, posuzování obvodových plášťů, tepelné mosty, tepelná izolace, obvodová konstrukce, klimatická komora.

**Abstract**

The thermally insulating compound AeroTherm appeared on the market in recent times. The manufacturer determines its thermal insulating properties. This properties excited many people so they applied this insulating material on the inner surface of envelope, under floors and on ceiling structures without any consultation with expert in the field of thermal physics.

The aim of this article is to verify thermal-technical properties of AeroThermu on the lining from YTONG that serves as the supporting base.

**Keywords**

AeroTherm, thermocamera, assessment of building envelope, thermal bridges, thermal insulation, cladding, climatic chamber.

**1 ÚVOD**

Dosáhnout zlepšení tepelně izolačních vlastností obvodových plášťů lze nejlépe použitím vrstvy tepelné izolace. Nejtěžším rozhodnutím je správné zvolení izolačního materiálu, jehož tloušťka se následně dopočítává dle příslušných tepelně technických norem. Z pohledu vlhkostních vlastností či tepelně vlhkostního chování materiálů je celá záležitost složitější, než by se na první pohled mohlo zdát. Nevhodné složení obvodového pláště může totiž vést k nadměrné koncentraci vlhkosti uvnitř konstrukce a k její následné kondenzaci. Jsou-li navíc tyto problémy spojeny

---

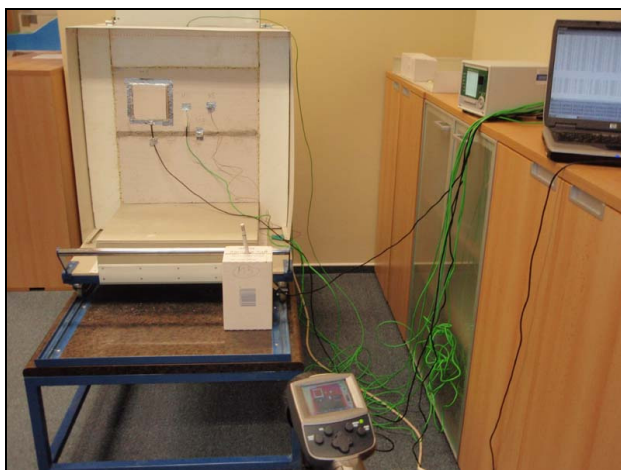
<sup>1</sup> Ing. Filip Čmiel, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 337, e-mail: filip.cmiel@vsb.cz.

<sup>2</sup> Ing. Radek Fabian, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 913, e-mail: radek.fabian@vsb.cz.

<sup>3</sup> Ing. Zdeněk Jaroň, Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 909, e-mail: zdenek.jaron@vsb.cz.

s mrznutím a s táním vody v pórovitém materiálu, může docházet k jeho porušení nebo přinejmenším ke snížení životnosti obvodového pláště. Dnešním trendem v tomto stavebním oboru je vyvinout nové nebo modifikovat běžné stavební materiály s nejlepšími tepelně izolačními vlastnostmi k dosažení nejvyšších energetických úspor. Pro tyto účinky se vyvíjejí nové vnitřní omítky a tepelné izolace.

Tento článek popisuje způsob stanovení efektu aplikovaného AeroThermu na vnitřní povrchové teploty prostřednictvím teplotního faktoru vnitřního povrchu před a po aplikaci této tepelně izolační stěrky na vyzdívku z Ytongu v klimatické komoře.



Obr. 1: Nainstalované sondy pro snímání povrchových teplot a tepelného toku

AeroTherm je tepelná izolace, která dle výrobce dosahuje maximálních tepelně izolačních vlastností v extrémně tenké vrstvě. Jde o vodou ředitelný tmel, jehož uvedené složení je z plniva 3M skleněných mikrokuliček obsahující částečné vakuum, z aerogelu, disperze a aditiva. Pro vysokou termoizolační účinnost AeroThermu stačí aplikovat na povrch obvodové stěny na straně interiéru pouze extrémně tenkou vrstvu 1 mm. AeroTherm kromě skvělých tepelných izolačních vlastností má také ovlivňovat vzdušnou vlhkost a neumožňovat její kondenzaci na povrchu konstrukcí. Na rozdíl od jiných izolačních prostředků má tato vrstva vytvářet nepříznivé prostředí pro vznik plísní. Výrobce dále uvádí, že AeroTherm minimalizuje následky konstrukčních nedostatků obvodového pláště budov a oproti vnějšímu zateplení izoluje venkovní stěny tak, že zabraňuje průniku chladu z venkovního prostředí a z promrzajících základů do interiéru. Odráží a izoluje teplo přímo v místnosti, odstraňuje sálání chladu ze stěn a hlavně nezmenšuje prostor zateplované místnosti. Dokonce se uvádí, že použitím slabounké vrstvy AeroThermu (cca 1 mm) je možné místnost či určitý prostor tepelně izolovat tak dokonale, že není zapotřebí vytápět objekt ani v zimních měsících, neboť pro vytápění těchto prostorů dostačuje teplo osob v nich přebývajících, bez udání jejich počtu k objemu místnosti.

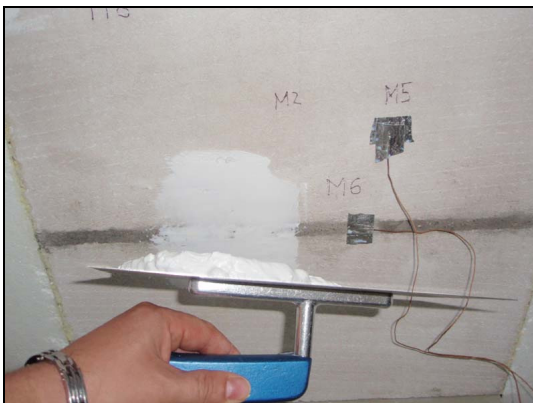
Tyto výrobcem a prodejci uváděné podezřelé vynikající vlastnosti termoizolační stěrky si jistě zaslouží minimálně experimentální ověření. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  v technickém listu výrobku je  $0,047 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , což přibližně odpovídá součiniteli tepelné vodivosti pěnového polystyrénu. Nabízí se otázka, zda-li vůbec může ekvivalentní vrstva 1 mm pěnového polystyrénu ze strany interiéru až takto vylepšit vlastnosti obvodového pláště.

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Pro experimentální ověření tepelné technických vlastností termoizolační stěrky AeroThermu byla použita klimatická komora, do které byla instalována vyzdívka Ytong tloušťky 100 mm bez povrchové úpravy. Po provedeném měření se tato vyzdívka opatřila 1 mm tlustou vrstvou AeroThermu a měření se opakovalo.



Obr. 2: Příprava na aplikaci AeroThermu



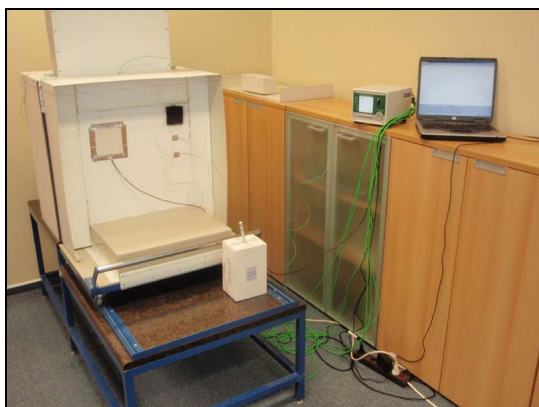
Obr. 3: Aplikace termoizolační stěrky



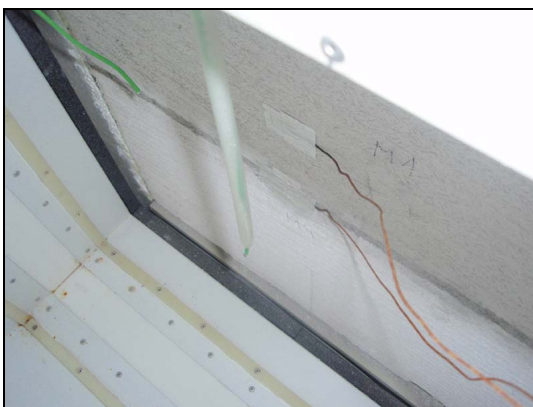
Obr. 4: Pohled na finální vrstvu AeroThermu



Obr. 5: Použití speciálního spreje pro určení emisivity povrchu termoizolační stěrky



Obr. 6: Celkový pohled na klimatickou komoru v průběhu měření



Obr. 7: Pohled na vyzdívkou z Ytongu z vnitřního prostoru klimatické komory

## 2.1 Příprava měření

Měřené teploty byly zaznamenávány v datové ústředně ALMEMO 5690-2. Pro měření teplot byla vybrána termočláneková čidla ALMEMO GOF120-K1 typu NiCr-Ni a pro měření vnitřní teploty bylo použitý kombinovaný snímač FHA 646-E1 s teplotním čidlem NTC (přesnost  $\pm 0,1$  °C).

Pro účely tohoto měření proběhla kalibrace termočláneků při teplotách cca 30 °C a 8 °C a hodnoty byly porovnány s kapalinovým rtuťovým teploměrem. Pro samotné měření byly využity čtyři z těchto čidel.

Tab. 1: Teplotní korekce čidel

Čidlo	30 °C		8 °C	
		odchylka		odchylka
1	30,7	0,3	8,7	0,3
2	30,7	0,3	8,7	0,3
3	30,7	0,3	8,7	0,3
4	30,7	0,3	8,7	0,3
5	30,7	0,3	8,7	0,3
6	30,7	0,3	8,7	0,3
Hg	30,4		8,4	

## 3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ POVRCHOVÝCH TEPLOT

Měření spočívalo, u obou variant, ve snímání a zaznamenávání povrchových teplot na vyzdívice ze zdících tvarovek YTONG v klimatické komoře v místě ložné spáry a v místě mimo ložnou spáru (viz Obr. 2), teplot vnějšího vzduchu a teplot a relativních vlhkostí vnitřního vzduchu.

Termočlánek, který měřil teplotu vzduchu v klimatické komoře, byl do klimatické komory zaveden prostřednictvím plastové trubičky, která je součástí klimatické komory a tímto způsobem fixuje polohu tohoto čidla v dutině klimatické komory (viz Obr. 7). Termočlánek, který měřily povrchové teploty konstrukce, byly kontaktně přilepeny ke stěně hliníkovou lepicí páskou. Použitím hliníkové lepicí pásky se minimalizoval vliv tepelné radiace okolí na instalovaný termočlánek. Termočlánek byly instalovány ve dvou výškových úrovních, kdy první byl v místě ložné spáry a druhý byl ve výšce 100 mm od výše zmíněné ložné spáry. Kombisonda FHA 646-E1 byla pro zajištění přibližně svislé polohy uložena do prázdné krabice s odpovídajícím otvorem tak, aby senzory kombisondy z této krabice vyčnívaly (viz Obr. 6). Snímání dat bylo prováděno po desetiminutových intervalech nastavením datalogeru ALMEMO 5690-2 od firmy Ahlborn. Takto naměřené hodnoty byly uloženy v programu EXCEL. Na vyzdřeném vzorku ze zdících tvarovek YTONG tl. 100 mm v klimatické komoře bylo provedeno měření teplot na vnitřním povrchu konstrukcí, teploty vnitřního a vnějšího vzduchu a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu. Zapisování naměřených hodnot bylo prováděno v desetiminutových intervalech na externí datovou SD kartu.

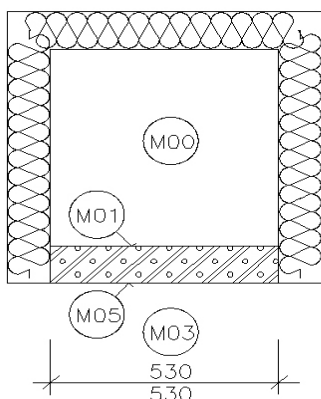
Pro první měření byly instalovány čidla v měřicích kanálech dle obrázku 8. V případě první varianty (vnitřní povrch vyzdívky z YTONGU bez povrchové úpravy) proběhla měření v období od 16.11.2011 10:58 do 17.11.2011 9:38 a po ustálení hodnot, po 10 hodinách byl z deseti následujících hodnot měření vypočten aritmetický průměr.

Pro druhé měření byly instalovány čidla v měřicích kanálech dle obrázku 9, kdy oproti prvnímu měření přibýlo čidlo M42, které měřilo teplotu mezi povrchem Ytongu a AeroThermem. V případě druhé varianty (vnitřní povrch vyzdívky z YTONGU opatřen 1 mm vrstvou aero-thermu) proběhla měření v období od 24.11.2011 11:08 do 25.11.2011 9:08 a po ustálení hodnot,

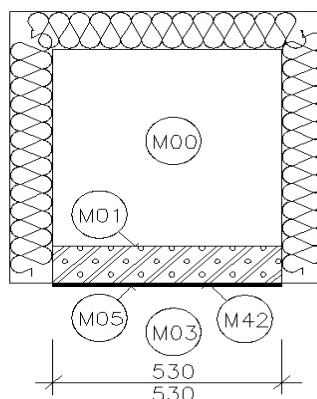
po 10 hodinách byl z deseti následujících hodnot měření vypočten aritmetický průměr. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 2: Průměrné naměřené hodnoty po teplotní korekci čidel

Čidla	M00 [°C]	M01 [°C]	M03 [°C]	M05 [°C]	M42 [°C]
Měření č. 1	-10,5	-3,6	26,0	20,0	-
Měření č. 2	-12,8	-7,6	25,2	19,3	18,9



Obr. 8: Umístění čidel v klimatické komoře pro měření č. 1



Obr. 9: Umístění čidel v klimatické komoře pro měření č. 2

### 3.1 Výpočet součinitele tepelné vodivosti

Vzhledem k omezeným možnostem měření jsme zvolili komparační metodu posouzení uváděného součinitele tepelné vodivosti. Pokud se bude vycházet ze součinitele tepelné vodivosti pro Ytong, bude možno vypočítat z druhého měření součinitel tepelné vodivosti pro AeroTherm následujícím způsobem:

$$q = \frac{\lambda}{d} \cdot \Delta\theta \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (1)$$

kde:

$q$  – tepelný tok [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ],

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$d$  – tloušťka [m],

$\Delta\theta$  – rozdíl teplot [K].

$$\frac{\lambda_1}{d_1} \cdot \Delta\theta_1 = \frac{\lambda_2}{d_2} \cdot \Delta\theta_2 \quad (2)$$

$$\lambda_A = \lambda_Y \cdot \frac{d_A}{d_Y} \cdot \frac{\Delta\theta_Y}{\Delta\theta_A} = 0,12 \cdot \frac{0,001}{0,1} \cdot \frac{18,9 - (-7,6)}{19,3 - 18,9} = 0,0795 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$$

kde:

$\lambda_A$  – součinitel tepelné vodivosti (AeroTherm) [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$\lambda_Y$  – součinitel tepelné vodivosti (Ytong) [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ],

$d_A$  – tloušťka (AeroTherm) [m],

$d_Y$  – tloušťka (Ytong) [m],  
 $\Delta\theta_Y$  – rozdíl teplot (Ytong) [K],  
 $\Delta\theta_A$  – rozdíl teplot (AeroTherm) [K].

Výrobce deklaruje součinitel tepelné vodivosti  $0,047 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . Vzhledem k tomu, že vrstva AeroThermu byla dle návodu výrobce nanášena ručně, a měření tloušťky vrstvy bylo jen orientační, musíme připustit určitou nerovnoměrnost termoizolační stěrky. Pokud se ještě vezmeme v úvahu možná nepřesnost měření  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ , která v krajním případě zvětší teplotní spád na stěnce o 50 %, lze deklarovaný součinitel tepelné vodivosti připustit.

### 3.2 Výpočet teplotního faktoru vnitřního povrchu

Ze zbylých naměřených hodnot byl využitím programu EXCEL vypočten teplotní faktor vnitřního povrchu pro místo, kdy bylo čidlo u obou variant umístěno nad ložnou spárou vyzdívky. Teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi}}$  byl vypočítán podle vzorce:

$$f_{\text{Rsi}} = \frac{\theta_{\text{si}} - \theta_{\text{e}}}{\theta_{\text{ai}} - \theta_{\text{e}}} \quad [-] \quad (3)$$

Bez povrchové úpravy:

$$f_{\text{Rsi}} = \frac{20,0 - (-10,5)}{26,0 - (-10,5)} = 0,836 \quad [-]$$

AeroTherm:

$$f_{\text{Rsi}} = \frac{19,3 - (-12,8)}{25,2 - (-12,8)} = 0,845 \quad [-]$$

kde:

$\theta_{\text{si}}$  – vnitřní povrchová teplota [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $\theta_{\text{e}}$  – teplota venkovního vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ],  
 $\theta_{\text{ai}}$  – teplota vnitřního vzduchu [ $^\circ\text{C}$ ].

### 3.3 Výsledky získané na základě měření povrchových teplot

Měření spočívalo ve zjištění povrchových teplot zkoumané konstrukce, parametrů vnitřního vzduchu a teploty vnějšího vzduchu. První měření proběhlo od 16.11.2011 10:58 do 17.11.2011 9:38 na vyzdívce ze zdících tvarovek YTONG tl. 100 mm bez povrchové úpravy. Jak již bylo zmíněno, z naměřených hodnot byla účinnost konstrukce vyhodnocena hodnotou teplotního faktoru vnitřního povrchu  $f_{\text{Rsi}}$ , aby varianty byly mezi sebou porovnatelné a aby se tak eliminoval vliv okrajových podmínek, které mají na naměřené hodnoty povrchových teplot výrazný vliv.

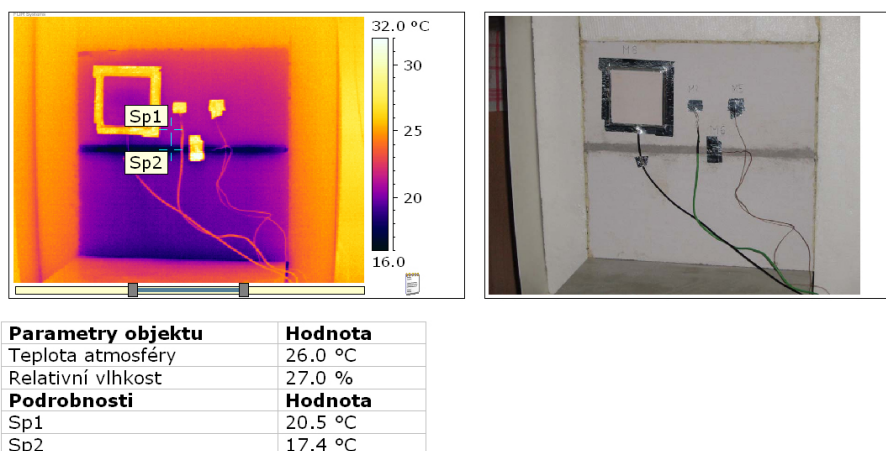
Za reprezentativní hodnotu dané varianty konstrukce měřené v klimatické komoře byl zvolen aritmetický průměr z vypočítaných hodnot teplotního faktoru vnitřního povrchu konstrukce  $f_{\text{Rsi}}$ , kde z prvního měření byla zjištěna průměrná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu 0,836. Druhé měření proběhlo od 24.11.2011 11:08 do 25.11.2011 9:08 na vyzdívce ze zdících tvarovek YTONG tl. 100 mm, která byla opatřena 1 mm vrstvou AeroThermu (viz Obr. 4). Z druhého měření byla spočtena průměrná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu 0,845.



#### 4 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ POVRCHOVÝCH TEPLOT

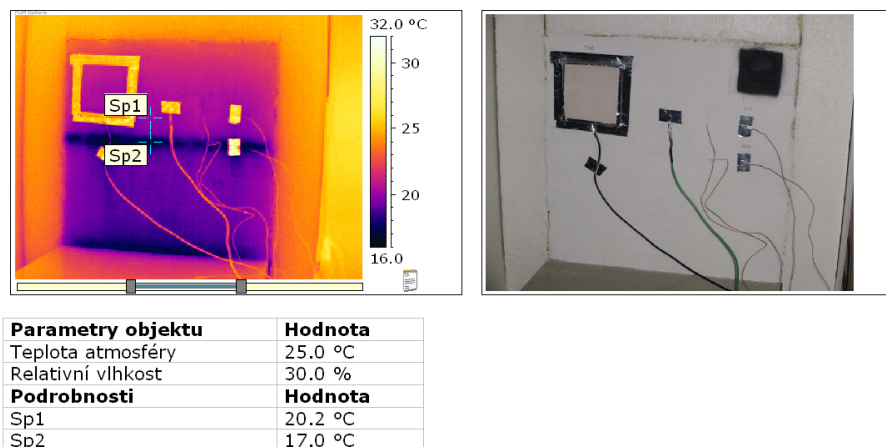
Termografie je měřicí technika, která zobrazuje dopadající nebo vyzařované infračervené záření povrchu v paletě barevných odstínů, z nichž každý znamená určitý teplotní rozsah. Skutečnost, že záření přímo závisí na povrchové teplotě objektu, umožňuje kameře tuto teplotu vypočítat a zobrazit. Termografické měření nezjišťuje přímo teploty povrchů, ale jen množství záření z nich. Chybně nastavená emisivita povrchů konstrukcí může značně ovlivnit vzhled termogramu, což může způsobit nesprávnou interpretaci naměřených hodnot. Proto byl pro přesné určení emisivity AeroThermu použitý speciální ThermoSpray800, který má stanovenou emisivitu 0,96 (viz Obr. 5).

První měření v klimatické komoře bylo provedeno na vyzdívice z Ytongu bez povrchových úprav termografickým systémem ThermoCAM-B4 po dosažení ustáleného teplotního stavu, k čemuž došlo zpravidla po 10 hodinách od spuštění klimatické komory. Na obrázku 10 lze pozorovat vliv ložné spáry, která způsobuje nižší povrchovou teplotu v bodě Sp2.



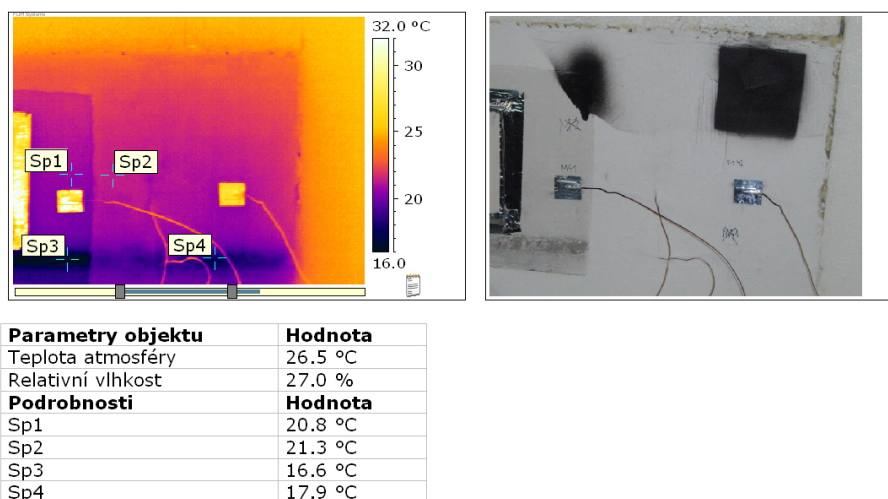
Obr. 10: Termovizní snímek – Ytong bez povrchové úpravy

Druhé termografické měření v klimatické komoře bylo provedeno na vyzdívice z Ytongu s aplikovanou povrchovou vrstvou z AeroThermu stejným způsobem, jako ve výše popsaném termografickém měření na vyzdívice z Ytongu bez povrchové vrstvy. Na obrázku 11 lze pozorovat i po aplikaci AeroThermu vliv tepelného mostu způsobeného ložnou spárou, která způsobuje nižší povrchovou teplotu v bodě Sp2.



Obr. 11: Termovizní snímek – Ytong s aplikovanou vrstvou AeroThermu

Pro kontrolu předchozích termografických měření a ověření emisivit povrchů použitých materiálů se odstranila část termoizolační stěrky z vyzdívky Ytongu. (viz Obr. 12).



Obr. 12: Termovizní snímek – částečně odstraněný Aerotherm

## 5 ZÁVĚR

Výrobce ve svých materiálech uvádí, že vnitřní nátěr o tloušťce 1 mm sníží náklady na vytápění stejně jako 100 mm vrstva pěnového polystyrénu. I kdybychom připustili, že deklarovaný součinitel tepelné vodivosti odpovídá skutečnosti, je nemožné těchto úspor dosáhnout, už jen proto, že součinitel tepelné vodivosti AeroThermu je vyšší než součinitel tepelné vodivosti pěnového polystyrénu. Minimální tepelně izolační dopad aplikace AeroThermu dokládají vypočítané teplotní faktory vnitřního povrchu, které se od sebe liší pouze minimálně.

## LITERATURA

- [1] ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie. Praha: ČNI, 2005.
- [2] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2002.
- [3] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2007.
- [4] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Navrhované hodnoty veličin. Praha: ČNI, 2005.
- [5] ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody. Praha: ČNI, 2005.
- [6] Webová stránka výrobce tepelných izolací Španiel Group, a.s. [online]. Dostupné z: <http://www.spanielgroup.cz>
- [7] FEJFAR, V. AERO-THERM – kosmická technologie mezi izolacemi. In: *Konstrukce: Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství* [online]. 26.4.2011. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/aero-therm-kosmicka-technologie-mezi-izolacemi>.

### Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Vrtek Mojmir, Ph.D., Katedra energetiky, Fakulta strojní, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.

Doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.